

特開平 1 1 - 6 3 2 6 5

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 3 月 5 日

(51) Int. Cl. °

識別記号

F I

F 1 6 K 17/22

F 1 6 K 17/22

G 0 5 D 7/06

G 0 5 D 7/06

Z

審査請求 未請求 請求項の数 2

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-220367

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 8 月 15 日

(71) 出願人 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(71) 出願人 390033857

株式会社フジキン

大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号

(72) 発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2丁目1番17-3
01号

(74) 代理人 弁理士 杉本 丈夫 (外1名)

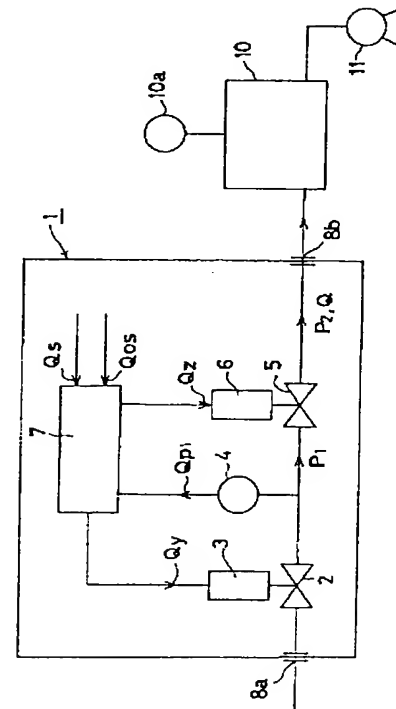
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力式流量制御装置

(57) 【要約】

【課題】 圧力式流量制御装置の流量制御範囲を拡大すると共に、装置の小形化、高ガス置換性、低発塵性、低コスト化を達成する。

【解決手段】 オリフィスと、オリフィスの上流側に設けたコントロール弁と、コントロール弁とオリフィス間に設けた圧力検出器と、圧力検出器の検出圧力 P_1 から流量 Q を $Q = K P_1$ (但し K は定数) として演算すると共に、流量指令信号 Q_s と前記演算した流量信号 Q との差を制御信号 Q_y として前記コントロール弁の駆動部へ出力する制御装置とから構成され、オリフィスの上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 との比を被制御流体の臨界圧比以下に保持した状態で前記コントロール弁の開閉によりオリフィス上流側圧力 P_1 を調整し、オリフィス下流側の流体流量 Q を制御するようにした圧力式流量制御装置に於いて、前記オリフィスをダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁とし、弁座とダイヤフラムとのリング状の間隙を可変オリフィスとするようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 オリフィス (5) と、オリフィス (5) の上流側に設けたコントロール弁 (2) と、コントロール弁 (2) とオリフィス (5) 間に設けた圧力検出器 (4) と、圧力検出器 (4) の検出圧力 P_1 から流体の流量を $Q_c = K P_1$ (但し K は定数) として演算すると共に、流量指令信号 Q_s と前記演算した流量信号 Q_c との差を制御信号 Q_y として前記コントロール弁 (2) の駆動部 (3) へ出力する制御装置 (7) とから構成され、オリフィスの上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 との比を被制御流体の臨界圧比以下に保持した状態で前記コントロール弁 (2) の開閉によりオリフィス上流側圧力 P_1 を調整し、オリフィス下流側の流体流量 Q を制御するようにした圧力式流量制御装置に於いて、前記オリフィス (5) をダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁とし、その弁座 (12b) とダイヤフラム (13) とのリング状の間隙を可変オリフィス (5) としたことを特徴とする圧力式流量制御装置。

【請求項 2】 可変オリフィス (5) を、パルスモータ型駆動部 (6) を備えた可変オリフィスとした請求項 1 に記載の圧力式流量制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、気体等の流体の圧力式流量制御装置の改良に関するものであり、主として半導体製造設備のガス供給系に於いて利用されるものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体製造設備のガス供給系の流量制御装置としては、従前からマスフローコントローラが多く使用されて来たが、近年これに代わるものとして圧力式流量制御装置が開発されている (特開平 8-335117 号、特開平 8-338546 号等)。

【0003】 図 11 は、本願発明者が先きに公開した前記特開平 8-338546 号の圧力式流量制御装置を示すものであり、オリフィス 5 の上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 との比 P_2 / P_1 をガスの臨界圧力比以下に保持した状態に於いて、オリフィス下流側の流体流量 Q を $Q = K P_1$ (但し K は定数) として演算することを基本とするものである。尚、図 11 に於いて、1 は圧力式流量制御装置、2 はコントロール弁、3 は弁駆動部、4 は圧力検出器、5 はオリフィス、7 は制御装置、7a は温度補正回路、7b は流量演算回路、7c は比較回路、7d は増幅回路、21a・21b は増幅回路、22a・22b は A/D 変換回路、24 は反転増幅器、25 はバルブ、 Q_y は制御信号、 Q_c は演算信号、 Q_s は流量設定信号である。

【0004】 前記圧力式流量制御装置はコントロール弁 (2) を開・閉制御してオリフィス上流側圧力 P_1 を調整することにより、オリフィス下流側流量 Q を高精度で

制御することができ、優れた実用的効用を奏するものである。しかし、この圧力式流量制御装置では、オリフィス 5 が所謂固定径のものであるため、特定の流量範囲にしか適用することができず、流量範囲の切替変更が出来ないと云う問題があった。また、流量範囲を変更するためには、オリフィス 5 を取換自在に挿着すると共に複数の異なる口径のオリフィス 5 を準備しておく必要があり、オリフィス 5 の加工精度のバラツキがそのまま流量制御の誤差に結びつくこととも相俟って、経済性や制御精度の点に問題があった。

【0005】 一方、所謂音速ノズル (又はオリフィス) を利用した定流量制御装置に於いては、流量範囲を変更するために可変断面積型ノズル (又はオリフィス) が多く開発されている (実開昭 56-41210 号、実公昭 60-42332 号等)。しかし、これ等の可変断面積型オリフィスは何れもニードル型バルブに類似した機構のオリフィスであり、構造的に流体路内にデッドスペースが多くなってガスの置換性に劣るうえ、発塵が多くなって半導体製造装置用のガス供給系には適用し難いと云う難点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、従前の圧力式流量制御装置に於ける上述の如き問題、即ち (イ) オリフィスが固定径であって流量範囲の切替変更ができないこと、(ロ) オリフィスの加工が困難なうえ、加工精度のバラツキがそのまま制御流量の固体差に結びつき、高精度で安定した流量制御ができないこと、及び (ハ) 従前の可変断面積型オリフィスでは、ガスの置換性が悪いうえに発塵が多く、半導体製造装置用のガス供給系には使用が困難なこと等の問題を解決せんとするものであり、オリフィス断面積を簡単に調整することができ、広い流量範囲に亘って高精度な流量制御が可能になると共に、ガス置換性や発塵の点にも優れ、半導体製造装置のガス供給系にも使用可能な圧力式流量制御装置を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 先ず本願発明者等は、半導体製造装置のガス供給系に適用する機器に不可欠な高クリーン性と高ガス置換性の両特性を備えたダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁を可変断面積型オリフィスとして使用することを着想し、当該ダイレクトタッチ型メタルダイヤフラム弁の流体通路が所謂超音速オリフィス (又はノズル) とほぼ等価な流量制御機能を有するか否かを調査した。

【0008】 図 1 は、前記ダイレクトタッチ型メタルダイヤフラム弁を可変オリフィスとして用いた流量制御試験装置の構成を示すものであり、図 1 に於いて 2 は圧力コントロール弁、3 はコントロール弁駆動部、4 は圧力検出器、5 は可変オリフィス (ダイレクトタッチ型メタルダイヤフラム弁)、6 はオリフィス駆動部、7' は制

御回路、8aはガス入口、8bはガス出口、9は質量流量計（マスフローメーター）、10は真空チャンバ、10aは真空計、11は真空ポンプである。

【0009】前記コントロール弁2には、特開平8-338546号に開示されているのと同様のダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁が使用されており、またその駆動部3には、駆動装置が使用されている。尚、コントロール弁2の駆動部3としてはこの他に、磁歪素子形駆動装置やソレノイド型駆動装置、モータ型駆動装置、空気圧形駆動装置、熱膨張型駆動装置等の使用が可能である。また、前記圧力検出器4には半導体歪ゲージが使用されており、具体的には特開平8-338546号の場合と同様に、圧力検出器4は圧力コントロール弁2の弁本体に一体的に組み込まれている。更に、前記可変オリフィス5には後述するようにダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁が使用されており、その駆動部6にはパルスモータとボールねじ機構を利用したリニアアクチュエータ（以下パルスモータ型駆動部と呼ぶ）が設けられている。

【0010】前記制御回路7'は圧力検出器4からのオリフィス上流側の圧力検出信号 Q_p を設定圧力 Q_{ps} と対比し、両者の差が零となる方向に制御信号 Q_y をコントロール弁駆動部3へ入力し、コントロール弁2を開閉制御する。

【0011】前記可変オリフィス5を形成するダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁は、図2に示す如く流体入口12a、弁座12b、弁室12c、流体出口12e等を備えたステンレス鋼製の弁本体12と、ステンレス鋼やニッケル・コバルト合金製のダイヤフラム13と、ダイヤフラム13を下方へ押圧するパルスモータ型駆動部6等から形成されている。即ち、パルスモータ14を初期位置へセットすると、前記ダイヤフラム13は、ボールねじ機構19を介してガイドスライダ18及びダイヤフラム押え16によりスプリング17、15の弾力に抗して下方へ押圧され、弁座12bへ接当した状態（閉弁状態）となる。次に、パルスモータ14へオリフィス制御信号 Q_z が入力されると、パルスモータ14はボールねじ機構19を介してガイドスライダ18を上方へ引き上げる方向に回転され、スプリング15の弾力によりダイヤフラム押え16が上方へ押圧されることになる。その結果、ダイヤフラム13が上方へ弾性復帰し、弁座12bから離間することにより、弁座12bとダイヤフラム13との間にリング状の流体通路（オリフィス）が形成される。

【0012】尚、本実施態様では図2に示すように、パルスモータ14として50000パルス／回転の所謂ステッピングモータが使用されている。また、ボールねじ機構19には、ねじピッチが0.5mm／回転のものが使用されている。その結果、パルスモータ14への入力パルス1個当り10nmのダイヤフラム変位を得ること

ができ、極めて高精度なオリフィス開度制御が可能となる。尚、図2に於いて、20はカップリング、21はベアリング、22はボールねじ機構のシャフト部である。

【0013】前記マスフローメータ9は可変オリフィス5の下流側のガス流量 Q を測定するものであり、流量検出信号 Q_x を出力する。また、前記真空チャンバ10、真空圧力計10a及び真空ポンプ11等は半導体製造装置を構成するものであり、前記真空チャンバ10内の圧力は通常数torr程度の真空中に保持されている。

10 【0014】可変オリフィス5の流量特性の試験に際しては、先ず適宜のオリフィス制御信号 Q_z を入力して可変オリフィス5の開度を所定値に設定し、次にガス入口8aへ圧力6.0kg/cm² Gの窒素ガス N_2 を供給した。その後、設定圧力信号 Q_{ps} を0~3(kgf/cm² abs)の間の適宜値に設定して圧力コントロール弁2を開閉制御すると共に、マスフローメータ9で可変オリフィス5の下流側の N_2 流量を測定した。尚、チャンバ10は前記の通り9.26lの容積を有しており、真空ポンプ11により約1torrの真空中に保持されている。

20 【0015】図3は、オリフィス制御信号 Q_z により、可変オリフィス5のリング状の間隙（流体通路）面積を $\phi=0.14$ mmの円孔形オリフィスの断面積に等価とした場合の、上流側圧力（即ち、圧力設定値 Q_{ps} ）とオリフィス下流側のガス流量 Q (sccm)との関係を示すものである。尚、ここでsccmとは標準状態に換算した場合の流量cc/minを意味するものである。

30 【0016】また、図4はオリフィス制御信号 Q_z を変え、可変オリフィス5のリング状の間隙面積を $\phi=0.25$ mmの円孔形オリフィスの断面積に等価にした場合の、オリフィス5上流側の圧力（即ち、設定圧力信号 Q_{ps} ）とオリフィス下流側のガス流量（sccm）との関係を示すものである。

40 【0017】図3及び図4からも明らかなように、可変オリフィス5の下流側圧力 P_2 が1torr ≈ 133.3 Paのとき、可変オリフィス上流側圧力 P_1 が0.5kgf/cm² abs以上の領域に於いては、流量 Q と上流側圧力 P_1 の間には $Q=K P_1$ の関係がほぼ成立していることが認められる。換言すれば、前記図2に示した構造のダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁の弁座とダイヤフラム間のリング状の流体通路（間隙）であっても、所謂固定オリフィスの場合にほぼ等しい圧力・流量制御特性を有するものであることが判る。

50 【0018】図5は、可変オリフィス5の流量特性を示すものであり、前記図1の試験装置に於いて可変オリフィス5の上流側圧力 P_1 を0.5kgf/cm² absに、また下流側圧力 P_2 を1torrの真空中に夫々保持した状態に於いて、可変オリフィス5の作動ストロークL（ダイヤフラム13の間隙長さ）とオリフィス下流流量 Q との関係を測定したものである。作動ストローク

Lが0~約0.12mmの範囲に於いては、ストロークL(mm)と流量Q(sccm)とがほぼ直線状の比例関係になっており、且つこの関係が常に再現されるものであることが判った。

【0019】図6は、可変オリフィス5のストロークL(mm)と、図5の各流量値からオリフィスが円孔であるとして計算したオリフィス口径 ϕ mmとの関係を示す線図であり、ストロークL(mm)とオリフィス口径 ϕ mmとの関係は、常に再現性のある関係であることが判った。即ち、前記図5及び図6からも明かなように、可変オリフィス5のストロークL(mm)と流量Q(sccm)又はストロークL(mm)とオリフィス口径 ϕ (mm)は常に一定の対応関係にあるため、ストロークL(mm)を変えらることにより可変オリフィスの口径 ϕ (mm)又は流量Q(sccm)を所望の値へ正確に切換え変更することができ、所謂可変オリフィスとして十分に機能し得るものであることが判る。

【0020】本件発明は、上述の如き図2に示したダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁を可変オリフィス5とする圧力・流量特性試験の結果を基にして開発されたものであり、請求項1の発明は、オリフィス5と、オリフィス5の上流側に設けたコントロール弁2と、コントロール弁2とオリフィス5間に設けた圧力検出器4と、圧力検出器4の検出圧力 P_1 から流体の流量Qを $Q=KP_1$ (但しKは定数)として演算すると共に、流量指令信号Qsと前記演算した流量信号Qとの差を制御信号Qyとして前記コントロール弁2の駆動部13へ出力する制御装置7とから構成され、オリフィスの上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 との比を被制御流体の臨界圧比以下に保持した状態で前記コントロール弁2の開閉によりオリフィス上流側圧力 P_1 を調整し、オリフィス下流側の流体流量Qを制御するようにした圧力式流量制御装置に於いて、前記オリフィス5をダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁とし、その弁座12bとダイヤフラム13とのリング状の間隙を可変オリフィス5とするようにしたことを発明の基本構成とするものである。

【0021】また請求項2に記載の発明は、請求項1の発明に於いて、可変オリフィス5を、パルスモータ型駆動部を備えた可変オリフィスとしたことを発明の基本構成とするものである。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施態様を説明する。図7は本発明に係る圧力式流量制御装置の構成図であり、図7に於いて1は圧力式流量制御装置、2は圧力コントロール弁、3は弁駆動部、4は圧力検出器、5は可変オリフィス、6はオリフィス駆動部、7は制御装置、8aはガス入口、8bはガス出口、10は真空チャンバー、10aは真空計、11は真空ポンプ、Qyはコントロール弁制御信号、 Q_{P_1} は圧力検出信号、Qzはオリフィス制御信号、Qsは流量設定信

号、Qosはオリフィス開度設定信号である。

【0023】図7に於いて、圧力コントロール弁2には、前記特開平8-338546号の場合と同様の図8のような構造のダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁が使用されている。また、圧力検出器4としては半導体歪ゲージが使用されており、圧力コントロール弁2の圧力検出器取付孔12d内へ挿入固定されている。更に、可変オリフィス5及び駆動部6としては前記図2に示したダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁とパルスモータ型駆動部6が使用されている。尚、当該可変オリフィス5及び駆動部6の構造は、前記図2の場合と同じであるため、ここではその説明を省略する。

【0024】次に、当該圧力式流量制御装置の作動について説明をする。先ず、流量設定信号Qs及びオリフィス開度設定信号Qosが制御装置7へ入力される。次に、ガス入口8aへ所定圧力 P_1 のガスが供給されると、圧力検出器4により検出した上流側圧力 P_1 に相当する圧力検出信号 Q_{P_1} が制御装置7へ入力され、流量 $Q=KP$ が制御装置7内で演算される。また、制御装置7からは前記流量設定信号Qsと流量Qとの差に相当するコントロール弁制御信号Qyが出力され、圧力コントロール弁2は前記QsとQとの差が減少する方向にコントロール弁2を開閉制御する。

【0025】更に、可変オリフィス5の口径を変化せしめて制御流量の範囲を変更する場合には、オリフィス開度信号Qosの設定を変更する。これにより、オリフィス制御信号Qzが変わり、その結果オリフィス駆動部6の作動ストロークLが変化して、オリフィス口径 ϕ が変わることになる。

【0026】尚、図7の実施態様に於いては、作動ストロークLの所謂フィードバック制御をしていないが、オリフィス駆動部6の作動ストロークLを検出してその検出値を制御装置7へフィードバックすることにより、ストロークLのフィードバック制御を行なってもよいことは勿論である。また、図7の実施態様に於いては、図11に示した従前の圧力式流量制御装置のように、ガス温度に基づく補正回路や、オリフィス5の下流側圧力 P_2 が上昇して P_2/P_1 の値が臨界値に近づいた場合(又は臨界値以上となった場合)の警報回路やガス供給の停止回路を設けていないが、これ等の各回路を設けてもよいことは勿論である。

【0027】加えて、図7の制御装置7には、流量Qの演算値 $Q=KP_1$ が図3や図4等の圧力-流量曲線に合致するように補正する回路や、これ等の補正に必要なデータの記憶装置が設けられていることは勿論である。

【0028】

【実施例】図9は、本発明で使用する可変オリフィス5を構成するダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁の弁本体12の要部を示すものであり、図10は図9の

B部の部分拡大図である。弁本体12に設けた弁室12cの内径 ϕ_1 は15mm、流体流入通路の内径 ϕ_2 は0.4mmに夫々設定されており、また、弁座12bの外径は3mm ϕ 、流体流出路の内径は2.5mm ϕ に夫々設定されている。

【0029】

【発明の効果】本発明に於いては、流量圧力制御装置の可変オリフィスとしてダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁を使用し、制御流量範囲の切替えをダイヤフラムの作動ストロークを変更することにより行なう構成としている。その結果、例えば、従前のニードル式の可変オリフィスを使用する場合に比較して、オリフィスの構造が簡素化されると共に、摺動部が皆無となり、発塵等もほぼ無視することができる。また、流体流路内の所謂デッドスペースが大幅に減少すると共に、流体流路内にガスの噛み込みを生ずる間隙が存在しなくなり、ガスの置換性が大幅に向上する。更に、ダイヤフラムの作動ストロークを変えることにより簡単且つ正確にオリフィス口径の変更（即ち流量範囲の変更）を行なうことができ、従前の固定オリフィスを変換する場合に比較して圧力流量制御装置の制御性が大幅に向上する。本発明は上述の通り、半導体製造装置のガス供給系のように、超高純度ガスを取り扱う圧力式流量制御装置として、特に優れた実用的効用を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明で使用する可変オリフィス（ダイレクトタッチ型の金属ダイヤフラム弁）の流量制御試験装置の構成図である。

【図2】本発明で使用する可変オリフィスの縦断面図である。

【図3】図1の試験装置による圧力-流量の測定値の一例を示すものである。

【図4】図1の試験装置による圧力-流量の測定値の他

の例を示すものである。

【図5】可変オリフィス上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 とを一定値とした場合のオリフィスストローク L （mm）と流量 Q （sccm）の関係を示すものである。

【図6】可変オリフィス上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 とを一定値とした場合のオリフィスストローク L （mm）と、流量 Q （sccm）より算出したオリフィス口径 ϕ （mm）との関係を示すものである。

【図7】本発明に係る圧力式流量制御装置の構成図である。

【図8】圧力コントロール弁の縦断面図である。

【図9】本発明の実施例に係る可変オリフィスの要部を示す縦断面図である。

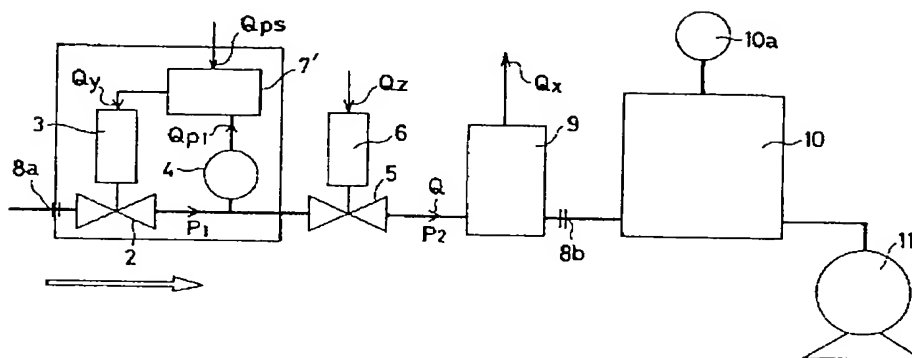
【図10】図9の部分拡大図である。

【図11】従前の圧力式流量制御装置の構成図である。

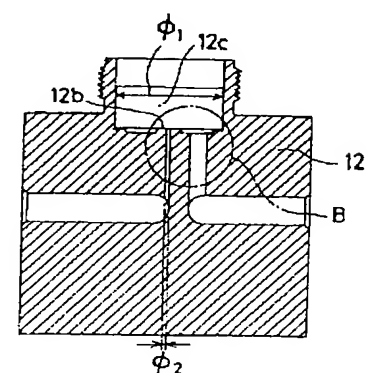
【符号の簡単な説明】

1は流量圧力制御装置、2は圧力コントロール弁、3はコントロール弁駆動部、4は圧力検出器、5は可変オリフィス、6はオリフィス駆動部、7は圧力制御装置、7aは制御装置、8aはガス入口、8bはガス出口、9はマスフローメータ（質量流量計）、10は真空チャンバ、10aは真空計、11は真空ポンプ、12は弁本体、12aは流体入口、12bは弁座、12cは弁室、12dは圧力検出器取付孔、12eは流体出口、13は金属ダイヤフラム、14はパルスモータ、15はスプリング、16はダイヤフラム押え、17はスプリング、18はガイドスライダ、19はボールねじ機構、20はカップリング、21はベアリング、22はシャフト部、 Q_{P1} は圧力検出信号、 Q_{Ps} は設定圧力信号、 Q_z はオリフィス制御信号、 Q_y はコントロール弁制御信号、 Q_s は流量設定信号、 Q_{os} はオリフィス開度設定信号。

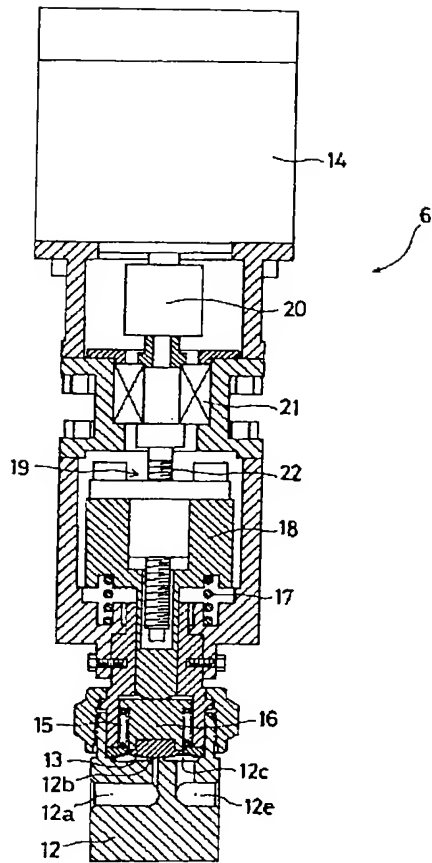
【図1】



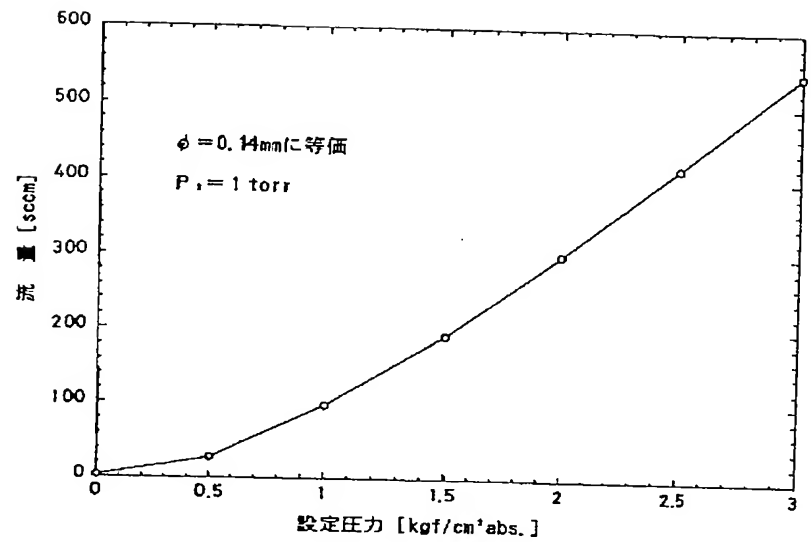
【図9】



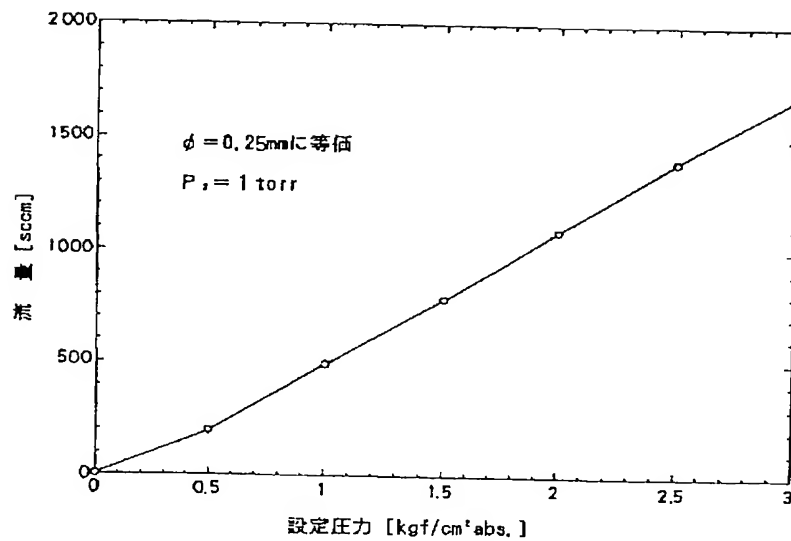
【図 2】



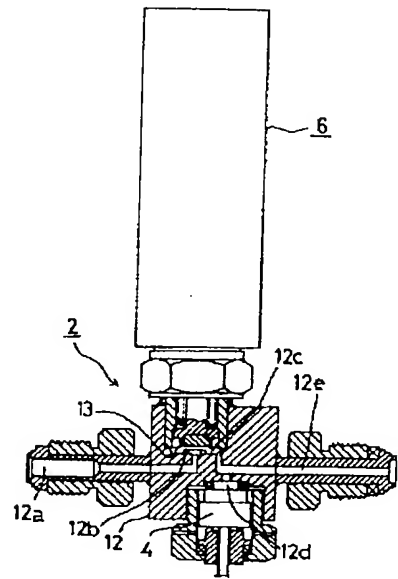
【図 3】



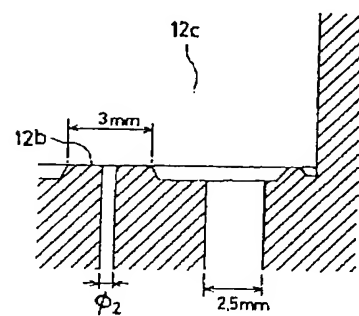
【図 4】



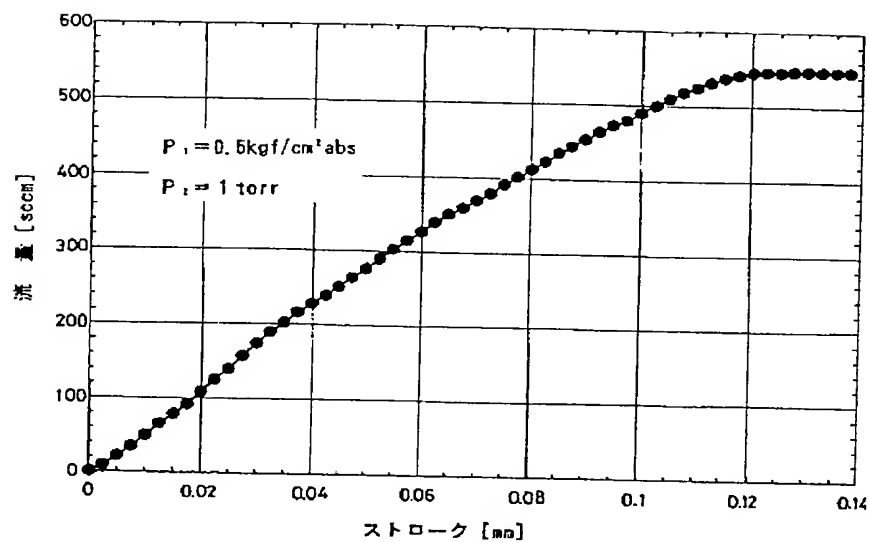
【図 8】



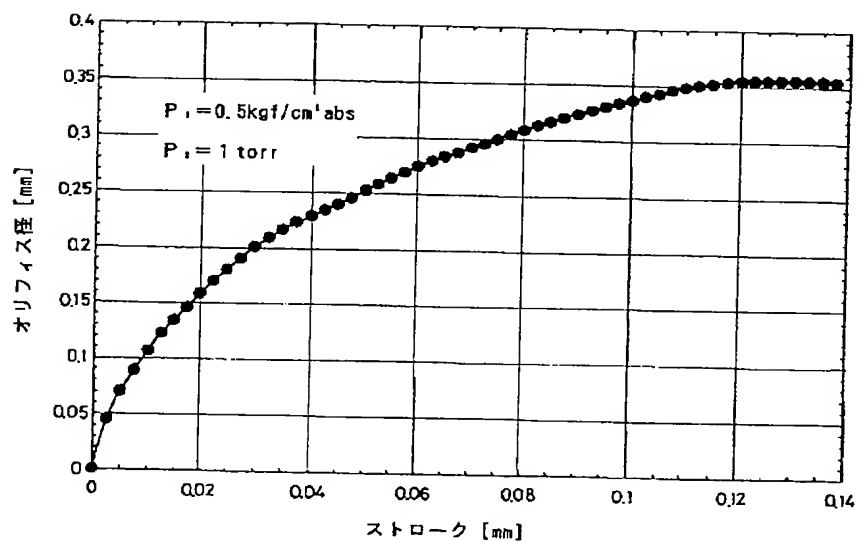
【図 10】



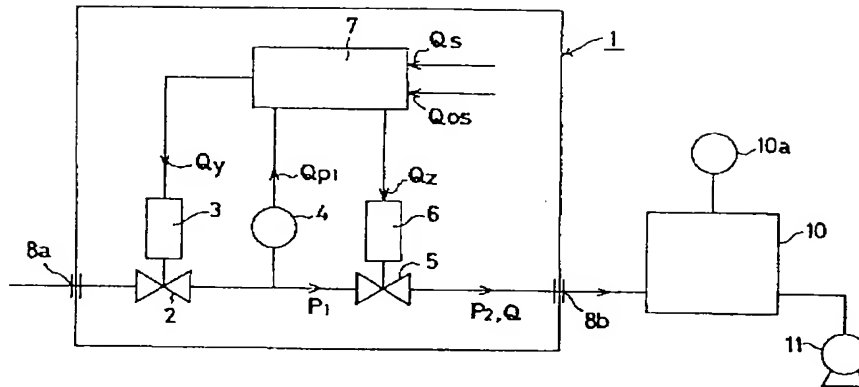
【図5】



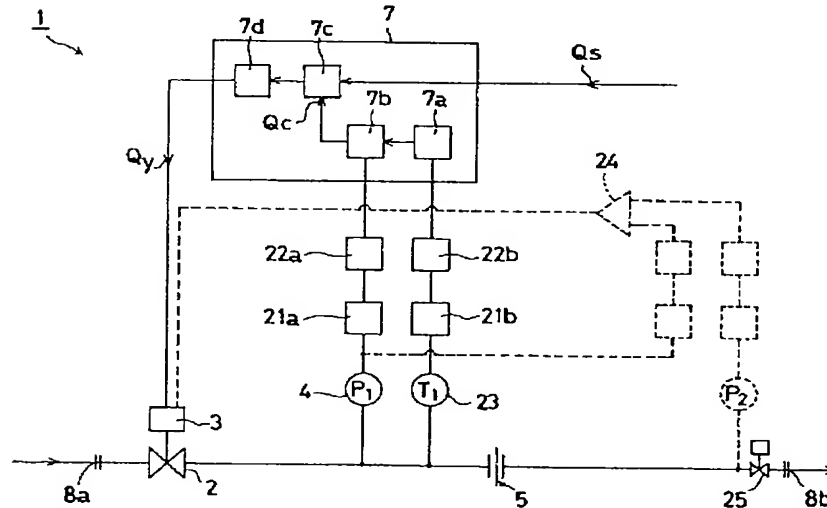
【図6】



【図 7】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 丁目 1 番 17-301 号

(72)発明者 加賀爪 哲

山梨県韮崎市藤井町北下条 2381 番地の 1
東京エレクトロン山梨株式会社内

(72)発明者 杉山 一彦

山梨県韮崎市藤井町北下条 2381 番地の 1
東京エレクトロン山梨株式会社内

(72)発明者 土肥 亮介

大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号
株式会社フジキン内

(72)発明者 宇野 富雄

大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号
株式会社フジキン内

(72)発明者 西野 功二

大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号
株式会社フジキン内

(72)発明者 福田 浩幸

大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号
株式会社フジキン内

(72)発明者 池田 信一

大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号
株式会社フジキン内

(72)発明者 山路 道雄

大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号

株式会社フジキン内